

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
17. Juni 2004 (17.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/050923 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **C21D 11/00, B21B 37/00**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012918

(22) Internationales Anmeldedatum:
19. November 2003 (19.11.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 56 750.6 5. Dezember 2002 (05.12.2002) DE

(71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **SMS DEMAG AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]**; Eduard-Schloemann-Strasse 4, 40237 Düsseldorf (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): **PLOCIENNIK, Uwe [DE/DE]**; Noldenkothen 21, 40882 Ratingen (DE). **PLOCIENNIK, Christian [DE/DE]**; Minoritenstrasse 22, 40878 Ratingen (DE). **HENSGER, Karl-Ernst [DE/DE]**; Sandweg 35, 40468 Düsseldorf (DE).

(74) Anwalt: **VALENTIN, Ekkehard**; Valentin, Gibske, Grosse Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GI, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NL, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweiibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("*Guidance Notes on Codes and Abbreviations*") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR PROCESS CONTROL OR PROCESS REGULATION OF A UNIT FOR MOULDING, COOLING AND/OR THERMAL TREATMENT OF METAL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR PROZESSSTEUERUNG ODER PROZESSREGELUNG EINER ANLAGE ZUR UMFORMUNG, KÜHLUNG UND/ODER WÄRMEBEHANDLUNG VON METALL.

(57) Abstract: According to the invention, a method for process control or process regulation of a unit for moulding, cooling and/or thermal treatment of metal, in particular for steel or aluminium, whereby the unit is provided with actuators for setting particular operating parameters and the method process is based on a method model can be achieved, with which it is possible to adjust online desired structural features and, by using structural property relationships, desired material properties can be adjusted, whereby at least one current value predictive of the metal structure is recorded online and, depending on said value, suitable process control and/or process regulation parameters for acting on the actuators to set desired structure properties of the metal are determined using a structural model and the method model on which the process is based.

(57) Zusammenfassung: Um ein Verfahren zur Prozesssteuerung oder Prozessregelung einer Anlage zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall, insbesondere von Stahl oder Aluminium, wobei die Anlage mit Stellgliedern zur Einstellung bestimmter Betriebsparameter ausgerüstet ist und dem Verfahrensprozess ein Verfahrensmodell zugrundeliegt, bereitzustellen, mit dem es möglich ist, online gewünschte Gefügebesonderheiten und unter Verwendung von Gefüge Eigenschaftsrelationen gewünschte Werkstoffeigenschaften gezielt einzustellen, sollen online mindestens ein aktueller, für das Metallgefüge aussagekräftiger Wert erfasst und in Abhängigkeit dieses Wertes geeignete Prozesssteuerung- und/oder Prozessregelgrößen zur Einwirkung auf die Stellglieder zur Einstellung gewünschter Gefügeeigenschaften des Metalls ermittelt werden unter Nutzung eines Gefügemodells sowie des dem Prozess zugrundeliegenden Verfahrensmodells.

WO 2004/050923 A1

This Page Blank (uspto)

Verfahren zur Prozesssteuerung oder Prozessregelung einer Anlage zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Prozesssteuerung oder Prozessregelung einer Anlage zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall, insbesondere von Stahl oder Aluminium, wobei die Anlage mit Stellgliedern zur Einstellung bestimmter Betriebsparameter ausgerüstet ist und dem Verfahrensprozess ein Verfahrensmodell zugrundeliegt.

15

Unter Betriebsparametern werden beispielsweise die Walzenanstellungen in einer Walzstrecke oder die Kühlparameter in einer Kühlstrecke verstanden.

20

Aus der DE 199 41 600 A1 sowie aus der DE 199 41 736 A1 sind Verfahren zur Prozessführung und Prozessoptimierung beim Warmwalzen von Metall bekannt, wobei die vom heißen Metall emittierte elektromagnetische Strahlung als Spektrum online erfasst und ausgewertet wird oder wobei die von einem Röntgenstrahler emittierte elektromagnetische Strahlung des Metalls, hier ein Metallband, durchdringt und auf der Rückseite des Metallbandes online erfaßt und ausgewertet wird, mit der Auswertung kristallografische und/oder Gefügeumwandlungen und/oder chemische Umwandlungen, die bei bestimmten Temperaturen des Metalles erfolgen, ermittelt werden und in Abhängigkeit vom Umwandlungsgrad bzw. vom Umwandlungsverlauf geeignete Prozesssteuer- und/oder Prozessregelgrößen zur Prozeßoptimierung abgeleitet werden und/oder eine online Adaption der Prozessmodelle durchgeführt wird.

25

Es ist ebenfalls bekannt, die Prozesssteuerung alleine mittels Gefügemodellen vorzunehmen. Nach der WO 99/24182 sollen die Betriebsparameter einer hüttentechnischen Anlage zur Behandlung von Stahl oder Aluminium mittels eines Gefügeoptimierers in Abhängigkeit der gewünschten Materialeigenschaften des

30

35

5 Metalls bestimmt werden. Mittels eines Gefügebeobachters werden die zu erwartenden Material- und Gebrauchseigenschaften ermittelt. Es folgt ein Vergleich zwischen Sollwerten und den von dem Gefügebeobachter ermittelten Werten für die Material- und Gebrauchseigenschaften. Sofern eine Differenz zwischen den beobachteten bzw. berechneten und den ermittelten Werten vor-
10 liegt, werden die Betriebsparameter, wie Eingangs- und Ausgangstemperatur der Walzstrecke sowie die Reduktionsgrade, verändert.

In der WO 99/24182 sind zudem die Veränderungen des Gefüges von Stahl beim Walzen erläutert, während die DE 199 41 600 A1 bzw. DE 199 41 736 A1
15 die γ - α -Gefügeumwandlung von Stahl näher beschrieben.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Prozesssteuerung oder Prozessregelung einer Anlage zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall, insbesondere von Stahl oder Aluminium, bereitzustellen, mit
20 dem es möglich ist, online gewünschte Gefügebesonderheiten und unter Verwendung von Gefüge-Eigenschaftsrelationen gewünschte Werkstoffeigenschaften gezielt einzustellen.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1
25 gelöst. Vorteilhafte Weiterentwicklungen sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Verfahrensgemäß wird vorgeschlagen, dass online mindestens ein aktueller, für das Gefüge aussagekräftiger Wert erfasst und in Abhängigkeit dieses Wertes
30 geeignete Prozesssteuerung- und/oder Prozessregelgrößen zur Einwirkung auf die Anlagen-Stellglieder ermittelt werden unter Verwendung eines Gefügemodells, das die während der Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung ablaufenden Festkörperreaktionen beschreibt, sowie des dem Prozess zugrundeliegenden Verfahrensmodells, das zur Sicherstellung des automatisierten
35 Prozessablaufes dient. Hierzu wird der erfasste aktuelle Ist-Gefügekennwert mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen und ein sich ergebender Differenzwert

5 als Regelungsgröße für den Prozess unter Nutzung von Gefüge- und Verfahrensmodellen verwendet.

Die Aufgabe wird durch gezielte Verknüpfung des Verfahrensmodells, einer online Erfassung mindestens eines aktuellen Gefügekennwertes, beispielsweise 10 am Ende des zu steuernden Prozesses, sowie eines Gefügemodells gelöst. Verfahrensgemäß sollen die Vorhersagemodelle ein Gefügemodell einschließen, d.h. ein Prognosemodell zur Vorhersage der während der Umformung, beispielsweise im Walzwerk, oder einer Abkühlung in der Kühlstrecke ablaufenden Festkörperreaktionen und der sich dabei einstellenden Gefügebese 15 hkeiten.

Vorzugsweise soll in Abhängigkeit des für das Gefüge aussagekräftigen erfassten Wertes eine online Adaption des Verfahrensmodells und/oder des Gefügemodells durchgeführt werden. Wenn bei einem Ist-Sollwert-Vergleich die 20 Differenz einen bestimmten Wert überschreitet, erfolgt eine neue Berechnung des Verfahrensmodells (beispielsweise des Stichplanmodells oder des Kühlstreckenmodells) und des Gefügemodells.

Als der für das Gefüge aussagekräftige Wert wird vorzugsweise ein aktueller 25 Gefügekorngrößen-Wert und/oder ein Gefügeumwandlungs-Zeitpunkt oder das Gefügeumwandlungs-Zeitintervall erfasst.

Die Erfassung des aktuellen Gefügekennwertes, insbesondere eines Gefügekorngrößen-Wertes, erfolgt bevorzugt mittels Geräten der zerstörungsfreien 30 Werkstoffprüfung, wie mittels Ultraschallmessgeräten, und hier insbesondere lasergenerierten Ultraschallmessgeräten, sowie Röntgengeräten.

Für die Erfassung der Gefügeumwandlung sollen vorzugsweise das Metall berührende Meßeinrichtungen zur Anwendung kommen. Hierunter fallen Walzkraftmessgeräte sowie Messrollen zur Erfassung von auf das Metallband wirkenden Dehn- und Zugspannungen bei der Umformung. Die mit der γ - α - 35

5 Umwandlung verbundene Längendehnung des metallischen Stahlgitters kann somit als Maß für die Gefügeumwandlung über diese berührenden Messgeräte erfasst werden.

Nach einer weiteren Ausführungsform wird die Umwandlungstemperatur als der
10 für das Gefüge aussagekräftige Wert mittels mindestens einer Temperatur-Erfassungseinheit online erfasst, die jeweils längs zur Metallförderrichtung relativ beweglich angeordnet ist und in Abhängigkeit des zu erwartenden Ortes der Gefügeumwandlung, der nach dem Gefügemodell vorhergesagt wird, positioniert wird. Vorzugsweise sind mehrere Temperatur-Erfassungseinheiten vorgesehen.
15

Nachfolgend wird das vorgeschlagene Verfahren anhand von bevorzugten Ausführungsformen näher beschrieben.

20 Für die Stahlgruppe eines C-Mn-Stahles erfolgt unter Anwendung von Gefügemodellen, ausgehend von der chemischen Zusammensetzung, und unter Berücksichtigung des Stichplans im Walzwerk eine Vorausberechnung der Austenitkorngröße des Gefüges des zu bearbeitenden Metalls zu einem bestimmten Verfahrenszeitpunkt bzw. an einem bestimmten Ort im Prozess. Es
25 wird online - in diesem Fall bei einem Walzprozess - hinter dem letzten Walzgerüst der Walzstraße die aktuelle Austenitkorngröße des metallischen Gefüges berührungslos bzw. zerstörungsfrei erfasst. Der aktuell erfasste Austenitkorngrößen-Wert wird mit einem vorgegebenen Sollwert für die Größe des Austenitkorns des Gefüges an dieser Stelle im Prozess verglichen. Tritt eine Abweichung zwischen dem Ist- und dem Sollwert auf, wird aus dem Differenz-Wert
30 ein Korrekturwert zur Steuerung der Stellglieder der Walzstraße, unter Nutzung des Gefüge- und Verfahrensmodells, das der Walzstraße zugrundeliegt, abgeleitet und den Stellgliedern entsprechend aufgegeben. Ist beispielsweise die gemessene Austenitkorngröße kleiner als ein Sollwert, wird ein Korrekturwert
35 auf die Stellglieder für die Zwischengerüstkühlung der Walzstraße aufgegeben, um die Zwischengerüstkühlung zu reduzieren und somit eine Erhöhung der

5 Endwalztemperatur zu erreichen. Durch Erhöhung der Endwalztemperatur wird
eine größere Korngröße des austenitischen Gefüges am Ende der Walzstraße
eingestellt. Da bereits geringfügige Änderungen der Endwalztemperatur die
Austenitkorngröße signifikant beeinflussen, wirkt die Steuerung bzw. Regelung
der Anlage noch auf das aktuell behandelte Metallband oder Blech zurück, d.h.
10 die Einstellung der Korngröße auf den Sollwert ist noch am gleichen Band mög-
lich.

Bei einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante erfolgt die online-Erfassung
des aktuellen, für das Gefüge aussagekräftigen Wertes während des Prozesses
15 der Metallbearbeitung durch Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung
an einem bestimmten Punkt, d.h. am Gerüst (n) oder Stich (n) mit einer geziel-
ten Steuerung der Prozeßparameter für die vorherigen Gerüste (n-1) oder Sti-
che (n-1) in Abhängigkeit des vorgenommenen Ist-Soll-Wertvergleiches.

20 Es wird beispielsweise die Gefügekorngröße des Metallbandes bzw. Metallble-
ches vor der Umformung im Gerüst (n) einer Warmbreitbandstraße oder vor der
Umformung im Stich (n) einer Grobblechstraße erfasst, beispielsweise mit ei-
nem Ultraschallgerät. Bei einer zu großen Abweichung des Istwertes von einem
Sollwert erfolgt eine neue Berechnung des Verfahrensmodells, insbesondere
25 des Stichplanmodells, und des Gefügemodells mit Auswirkungen auf die Steu-
ersignale für die Stellglieder der vorherliegenden Gerüste oder die Stellglieder
zur Durchführung der vorherigen Stiche, so dass die gewünschte Sollgröße er-
reicht werden kann. Die Umstellung der vorherigen Gerüste kann schon für das
aktuell gewalzte Band oder Blech online erfolgen und/oder für das nachfolgen-
de Band oder Blech genutzt werden.

Nach einer weiteren bevorzugten Verfahrensvariante erfolgt eine online-
Gefügesteuerung in einer Kühlstrecke einer Drahtstraße mit einem Wasser-
kühlstreckenteil und einem Luftkühlstreckenteil, indem ein aktueller Gefüge-
35 korngrößen-Wert, hier die Austenitkorngröße, des Metalldrahtes nach Durch-
laufen der Wasserkühlstrecke mittels einer Ultraschallmesseinrichtung erfasst

5 und die Temperatur der Gefügeumwandlung sowie der zeitliche Verlauf der
Gefügeumwandlung, d.h. der γ - α -Umwandlung, mit in Transportrichtung be-
wegbaren und/oder unterschiedlich ausrichtbaren Temperaturresevoiranord-
nungen erfasst wird. Sofern die erfassten Werte von den geplanten Sollwerten ab-
weichen, erfolgt eine neue Berechnung unter Nutzung der Kühlstrecken- und
10 Gefügemodelle sowie online eine entsprechende Einstellung der Stellglieder
der Kühlstrecke.

Die vorgeschlagene Online-Gefügesteuerung bzw. -regelung findet nicht nur
Verwendung auf Warmbreitband-, ggf. auch Dünnbrammenwalz-, Grobblech-,
15 Profil-, Stabstahl- und Drahtstraßen, sondern auch bei Kaltband- und Alumini-
umstraßen.

5

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Prozesssteuerung oder Prozessregelung einer Anlage zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall,
wobei die Anlage mit Stellgliedern zur Einstellung bestimmter Betriebsparameter ausgerüstet ist und dem Verfahrensprozess ein Verfahrensmodell zugrundeliegt,
wobei online mindestens ein aktueller, für das Metallgefüge aussagekräftiger Wert erfasst und in Abhängigkeit dieses Wertes geeignete Prozesssteuerung- und/oder Prozessregelgrößen zur Einwirkung auf die Stellglieder zur Einstellung gewünschter Gefügeeigenschaften des Metalls ermittelt werden unter Nutzung eines Gefügemodells sowie des dem Prozess zugrundeliegenden Verfahrensmodells.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass in Abhängigkeit des für das Gefüge aussagekräftigen erfassten Wertes eine online Adaption des Verfahrensmodells und/oder des Gefügemodells durchgeführt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass als der für das Gefüge aussagekräftige Wert ein aktueller Gefügekorngrößen-Wert erfasst wird.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass als Gefügekorngrößen-Wert die Austenitkorngröße bestimmt wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,

5 dass ein aktueller Gefügekorngrößen-Wert am Ende der Anlage zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall erfasst wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
 dadurch gekennzeichnet,

10 dass ein aktueller Gefügekorngrößen-Wert während des Prozesses zur Umformung, Kühlung und/oder Wärmebehandlung von Metall erfasst wird und die in Abhängigkeit dieses Wertes ermittelten Prozesssteuerungs- oder Prozessregelungsgrößen auf die Stellglieder vorherig durchlaufen- der Prozessschritte zurückwirken.

15 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass als der für das Gefüge aussagekräftige Wert ein Gefügeumwandlungs-Zeitpunkt oder das Gefügeumwandlungs-Zeitintervall mittels das
20 Metall berührenden Meßeinrichtungen online erfasst wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass als der für das Gefüge aussagekräftige Wert die Umwandlungstem-
25 peratur mittels mindestens einer Erfassungseinheit online erfasst wird, die jeweils längs zur Metallförderrichtung relativ beweglich angeordnet ist und in Abhängigkeit des zu erwartenden Ortes der Gefügeumwandlung, der nach dem Gefügemodell vorhergesagt wird, positioniert wird.

30 9. Verfahren nach Anspruch 8,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass mittels mehrerer Erfassungseinheiten jeweils der Ort oder das Zei-
tintervall des Beginns und des Endes der Gefügeumwandlung erfasst wird.

5 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
 dadurch gekennzeichnet,
 dass eine online-Gefügesteuerung in einer Kühlstrecke einer Drahtstraße
 mit einer Wasserkühlstreckenteil und einem Luftkühlstreckenteil erfolgt,
 wobei ein aktueller Gefügekorngroßen-Wert des Metalldrahtes nach
10 Durchlaufen der Wasserkühlstrecke mittels einer Ultraschallmesseinrich-
 tung erfasst wird und wobei die Temperatur einer Gefügeumwandlung so-
 wie der zeitliche Verlauf der Gefügeumwandlung, insbesondere der γ - α -
 Umwandlung von Stahl, mit in Transportrichtung bewegbaren und/oder
 unterschiedlich ausrichtbaren Temperaturmesseinrichtungen erfasst wird.

This Page Blank (uspto)